

REMODELAGEM DE PROJETO PARA ESCOLA PÚBLICA: Os ganhos na Produção Individual de Energia Elétrica Fotovoltaica em Equipamento de Educação Infantil

João Vitor Lopes Ferreira¹

Edson Agostinho Maciel²

Resumo

Este artigo trabalha com a especulação, no desempenho de ordem econômica e ambiental, sobre a implantação de um sistema de energia solar fotovoltaico a partir da reformulação de um Projeto para uma Escola Infantil (Governo Federal - MEC). Foi aqui adotado uma Metodologia de Revisão Bibliográfica para esclarecimentos em relação: à matriz energética brasileira; à tecnologia disponível para placas solares; e à variação do custo da energia elétrica no país, através de remodelações de Projeto original (Escola Infantil - MEC). Após o estudo, construiu-se o argumento, através de teorias e técnicas econômicas, sobre a viabilidade do Projeto remodelado, pois, em hipótese, o sistema oferece retorno financeiro e ambiental em poucos anos.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico. Viabilidade Econômica. Viabilidade Ambiental. Projeto Escola Infantil.

PUBLIC SCHOOL PROJECT REMODELING: Gains from Individual Production of Photovoltaic Electric Energy in Childhood Education Equipment

¹Engenheiro Civil pelo UGB/FERP.

²Mestre em Planejamento Urbano e Regional pelo IPPUR/UFRJ.

Abstract

This article works with a specification on the economic and environmental performance of the implantation of a solar photovoltaic energy system from the reform of the Infant School of the Federal Government (Ministry of Education). The bibliographic review methodology was adopted to clarify the Brazilian energy matrix, the technology available for solar panels and the variation in the cost of electricity in the country, through the remodeling of the original project (kindergarten). After the study, the argument was constructed, through theory and economic techniques, of the feasibility of the project, as the system offers financial and environmental returns in a few years.

Keywords: Photovoltaic System. Economic Viability. Environmental Feasibility. Children's School Project.

Introdução

Hoje é notório que a produção de energia é uma das maiores preocupações no mundo atual. A demanda de energia elétrica vem aumentando de acordo com o desenvolvimento das tecnologias e com o consumo desequilibrado das indústrias e dos cidadãos. Com isto a falta de investimentos em geradores de energias elétricas renováveis vem provocando grandes consequências, como: emissão de gases de efeito estufa, gases poluentes ao ar e danos irreparáveis a natureza.

Não obstante, a cobrança da tarifa da conta de luz tem se elevado cada vez mais no orçamento de todos os setores brasileiros. Entre 2014 e 2017, a tarifa média dos consumidores acumulou alta média de 31,5% no país: e a estimativa é de que, no primeiro semestre de 2019, o aumento acumulado chegue a 44%, segundo a Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres (Abrace, 2018). O encarecimento da conta de luz nos últimos quatro anos superou a inflação acumulada no período, de 28,86%, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2018).

Em meio a este cenário preocupante na área econômica, observa-se o crescimento das fontes de energia elétrica renováveis: tais como a solar e a eólica. Estas mesmas não estão sujeitas à grande variação de custo mensal, e, no caso da

energia solar fotovoltaica, pode ser, assim, independente de uma concessionária de energia (tornando-se tal sistema muito atrativo). Possui-se no Brasil um grande potencial de geração de energia elétrica proveniente do sol, pois aqui os níveis de irradiação são superiores aos de países onde a energia fotovoltaica é mais difundida, como na Alemanha e na Espanha, por exemplo. Entretanto: a queda no preço dos equipamentos; a facilidade de acesso aos financiamentos (tanto público quanto privado); o custo elevado da energia hidrelétrica; e (por que não dizer?) a pressão global para a preservação do planeta pelas entidades internacionais, têm acelerado a difusão fotovoltaica no território nacional.

À frente dos fatos aqui citados é que a energia solar fotovoltaica se torna cada vez mais utilizada e vem ganhando, progressivamente, mais mercado. Considera-se ainda, tal sistema, um modelo de produção com custo inicial alto, mas com retorno financeiro e ambiental muito promissor. Assim sendo, fundamenta-se investir na hipótese que verifica a viabilidade econômica e ambiental da implantação de um sistema desta natureza. Para isto, há a necessidade de se especular a média, ao longo dos meses do ano, de incidência de raios solares na localidade desejada e, dependendo do resultado, será possível ou não este progresso: também será avaliada a tecnologia necessária, bem como seu custo e disponibilidade. A partir dessas informações, especulou-se aqui a viabilidade do novo projeto em remodelação.

Referencial teórico

A atual pesquisa está baseada em conceitos relacionados à utilidade no uso da energia solar, além da engenharia econômica e financeira, que visam descrever a viabilidade da implantação do Sistema.

Conceito de orçamento de obras

Orçamento de obras é um documento, adquirido através da orçamentação, que possui como objetivo prever os gastos com a execução de determinada obra: ele analisa os custos desde a pré-execução até a pós-execução. Assim, compõe-se pelos Custos Diretos e Indiretos (Mattos, 2016) - sendo os Diretos aqueles relacionados aos serviços executados do canteiro, como: mão de obra, materiais e equipamentos. Já os gastos Indiretos são aqueles necessários para que as atividades no campo sejam realizadas, mesmo que não estejam ligadas diretamente a elas, assim sendo: os custos com os funcionários nos serviços administrativos e com os elementos como materiais de escritório, taxas, seguros e outros.

Provável demanda de energia elétrica

A provável demanda de energia elétrica é o somatório da fração das potências nominais consumidas de todos os aparelhos em uma instalação, onde são calculados através da norma técnica ND-5.2 (CEMIG) que se estima o consumo de energia elétrica de acordo com a categoria que a edificação se enquadra e com os tipos de aparelhos que são utilizados. Com isso, é fornecido um fator de demanda que influenciará a potência instalada dos imóveis. É necessário esse procedimento para que não ocorra o superdimensionamento da instalação, pois a potência instalada é o consumo máximo da rede e a provável demanda analisa o consumo que mais se aproxima da realidade, já que nem todos os aparelhos dos estabelecimentos serão utilizados ao mesmo tempo.

Sistema de energia solar fotovoltaico

O sistema fotovoltaico produz a energia elétrica através das chamadas células voltaicas que se encontram nos painéis, de modo que a exposição à luz solar faz as mesmas captarem a energia e a transformam em eletricidade, e estas placas são fabricadas com materiais semicondutores. O módulo solar mais utilizado é o que

possui em sua célula silício monocristalino, pois é a pureza do material que influencia positivamente na conversão de energia solar em corrente elétrica, o tornando confiável e eficiente.

Existem dois tipos de classificações do sistema solar, que são responsáveis pela maneira que a energia é gerada ou distribuída, sendo eles conhecidos pelos sistemas *On Grid* e *Off Grid*. Se referindo ao *On Grid* que significa conectado à rede de uma concessionária de energia, podendo produzir eletricidade além do consumo previsto e enviando a concessionária, servindo de créditos que poderão ser utilizados em um período de até 60 meses como regula a Resolução Normativa Nº 687 de 2015 (ANEEL, 2015). E ao *Off Grid* que possui como característica o sistema isolado, não é conectado à rede da concessionária, logo não é possível distribuir energia elétrica excedente, por isso precisa de baterias para o armazenamento.

Para realizar a implantação do sistema de energia fotovoltaica precisa ser verificada a incidência de luz solar na região estudada, sendo necessário dar importância aos três fatores essenciais para o devido funcionamento: a geometria solar, radiação solar e sombreamento. Esse levantamento é preciso para definir o melhor posicionamento dos módulos e obter um aproveitamento esperado.

Assim sendo, o sistema possui quatro componentes básicos, enquanto um sistema isolado necessita de baterias e controladores de carga, o sistema conectado à rede funciona somente com painéis e inversores, já que não precisa armazenar energia.

Conceitos para o estudo de viabilidade econômica

Para a relativização das potencialidades de nosso modelo de análise foi necessário recorrer às técnicas da economia financeira, para tanto alguns termos inerentes vieram à tona - estes serão utilizados quando do momento dos cálculos propostos pela Metodologia – quais sejam:

Taxa Interna de Retorno (TIR)

É a taxa que demonstra o quanto rende um projeto de investimento em um determinado período de tempo, levando em conta a mesma periodicidade dos fluxos de caixa (Bordeaux-Rêgo, 2013). Em outras palavras, é a taxa de desconto que torna nulo o Valor Presente Líquido (VPL) de um projeto. Será considerado viável quando a TIR for igual ou superior à taxa mínima de atratividade, onde a recuperação do capital investido é garantida.

Valor Presente Líquido (VPL)

Leva em conta o valor do dinheiro em um período de tempo. Portanto, todas entradas e saídas são tratadas no tempo presente. O VPL de um investimento é igual ao valor presente do fluxo de caixa líquido do projeto em análise, descontado pelo custo médio ponderado de capital (Bordeaux-Rêgo, 2013).

$$VPL = VP - VI$$

A NBR 14653-4 (2002) descreve o VPL como o valor atual de um pagamento ou fluxo futuros, descontados a uma determinada taxa de juros, deduzindo o investimento. O projeto será aceito quando o VPL for maior ou igual a zero e rejeitado quando for negativo.

Payback Descontado (PD)

É o período de tempo necessário para recuperar o valor investido, analisando-se os fluxos de caixa descontados, isto é, leva-se em conta que o valor do dinheiro é avaliado no tempo. Portanto, quanto maior o tempo, maiores são as incertezas,

resultando no fato das empresas procurem diminuir seus riscos optando por projetos que tenham um retorno do capital num período de tempo mais curto (Bordeaux-Rêgo, 2013).

Metodologia

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram considerados, no Método de Pesquisa, o Orçamento e a Provável Demanda de Energia Elétrica, com o objetivo de prever os custos e o consumo de uma Escola Infantil proposta (em um Projeto de Arquitetura) pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE-MEC). A partir do exposto: foi possível realizar, através do trabalho, o dimensionamento do sistema fotovoltaico e seu respectivo ganho financeiro.

Assim sendo, o Projeto de Pesquisa se iniciou com a manipulação do material de: Projetos Básicos e o modelo de planilha orçamentária, oferecidos pelo Fundo Nacional de Educação - MEC. Começando pelo Orçamento: este controle, desenvolvido pela Equipe Ministerial, descreve apenas os insumos e fornece a quantidade dos mesmos elementos já levantados em Projeto. Desta maneira, o presente Estudo realizou estudos complementares, sobre o material técnico levantado, verificando todo o custo financeiro para a construção do Objeto. É importante dizer que foi preciso adaptar a planilha orçamentária original: acrescentando no item referente à Fundação-Infraestrutura, os sistemas de: Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio, e, também, adicionou-se os itens de Cisterna e de Administração. Vale lembrar que apenas o item, constante à Planilha Orçamentária, de Instalação Elétrica, foi detalhado no Orçamento: a justificativa deve-se a necessária comparação de custos entre o sistema convencional de elétrica e o sistema de energia fotovoltaico proposto.

Além disso, foi necessário realizar o levantamento em Projeto, a fim de calcular a previsão da Provável Demanda de energia elétrica a ser consumida, através dos métodos da norma técnica ND-5.2 (CEMIG). Posteriormente, com estes resultados,

foi possível dimensionar o sistema de energia elétrica fotovoltaica, tendo como sugestão de estudo a implantação do projeto padrão da escola na cidade do Rio das Flores – RJ: deste modo foi obrigatório verificar a incidência solar média desta região e analisar a quantidade de placas solares necessárias para abastecer o Projeto da Escola Infantil. Por fim, utilizou-se a Engenharia Econômica para analisar a viabilidade financeira do sistema solar.

As explanações sobre a tecnologia, e todos os itens que foram supracitados, foram embasadas por revisão bibliográfica, que incluiu Artigos, Livros Especializados, Sites da Área, Resoluções e Normas que regulamentam a geração de energia solar fotovoltaica no Brasil. Já para a análise da Viabilidade Econômica foram aplicados os conceitos de Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido e *Payback* descontado.

Análise de dados e discussão dos resultados

Projetos da Escola Infantil

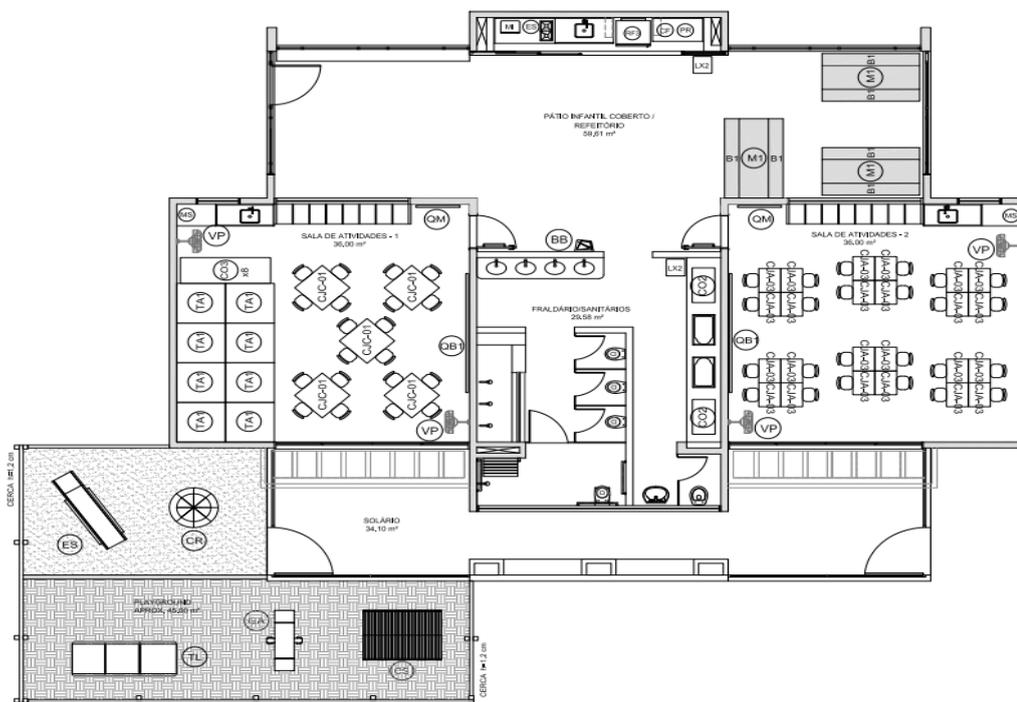
O Projeto da Escola Infantil possui uma área de 240,29 m² - sendo considerado ambiente interno e externo. Para a parte interna são representados tais compartimentos: sala de atividades 1, sala de atividades 2, fraldário/sanitários, pátio infantil coberto/refeitório e, em seu ambiente externo: solário e playground. Conforme as imagens 1 e 2, seguintes:

Figura 1. Projeto 3D



Fonte: www.fnde.gov.br³

Figura 2. Planta baixa



³ Fonte: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/proinfancia/eixos-de-atuacao/projetos-arquitonicos-para-construcao/item/9267-m%C3%B3dulo-de-educac%C3%A3o-infantil>

Fonte: www.fnnde.gov.br⁴

Cálculo da Provável Demanda de energia elétrica e análise de dados para o dimensionamento do sistema fotovoltaico

Para o cálculo da provável demanda de energia elétrica precisa-se do levantamento previsto da potência de iluminação, das tomadas de uso gerais e das de uso especiais. Com isso, usaremos os dados fornecidos pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), conforme a tabela 1:

Tabela 1. Potência dos equipamentos

Circuito	Descrição	Volts (V)	QUADRO DE CARGAS (QD1)											Pot. Total (W)		
			Iluminação W				Tomadas (W)								Motor (W)	
			12	18	36	40	100	120	200	1500	2500	2800	4000		4400	4500
1	Iluminação sala 1	127			12											432
	c				6											
	d				6											
2	Iluminação sala 2	127			12	2									512	
	g				6											
	h				6											
3	Iluminação WC	127		6	6										324	
	a			2	4											
	b			4	2											
4	Iluminação pátio	127			12										432	
	e				6											
	f				6											
5	Tomadas sala aula	127					10								1000	
6	Tomada pátio	127					6	1	1						920	
7	TUE - fogão	127									1				2500	
8	TUE - microondas	127								1					1500	
9	Chuveiro 1	220											1		4400	
10	Chuveiro 2	220											1		4400	
11	Chuveiro 3	220											1		4400	
12	Chuveiro 4	220											1		4400	
13	Torneira elétrica 1	220										1			4000	
14	Torneira elétrica 2	220										1			4000	
15	Ilum. de emergência	127	5												60	
16	Ar condicionado 1	127									1				2800	
17	Ar condicionado 2	127									1				2800	
18	Motor hidráulico	380												1	4500	
TOTAL			5	6	42	2	16	1	1	1	1	2	2	4	1	43380

Fonte: FNDE

⁴ Fonte: <https://www.fnnde.gov.br/index.php/programas/proinfancia/eixos-de-atuacao/projetos-arquiteticos-para-construcao/item/9267-m%C3%B3dulo-de-educac%C3%A7%C3%A3o-infantil>

De acordo com a tabela apresentada acima, será possível realizar um breve resumo das cargas de cada categoria para assim se enquadrar nas exigências da norma técnica ND-5.2 (CEMIG) e prosseguir com os métodos de cálculo, então:

- ✓ Iluminação: 1.760W (Iluminação salas 1 e 2; Wc; Pátio; emergência)
 - ✓ Tomadas de uso geral: 1.920W (Tomadas sala de aula e pátio)
 - ✓ Tomadas de uso especial - Aparelhos de aquecimento e eletrodomésticos: 29.600W (Chuveiros 1 a 4; Torneiras elétricas 1 e 2; Fogão; Micro-ondas)
 - ✓ Aparelhos de ar condicionado: 5.600W (Ar condicionado 1 e 2)
 - ✓ Motor – Bomba hidráulica centrífuga 5CV (trifásica): 4.500W (Motor hidráulico)
- a) Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral (unidades consumidoras não residenciais)

Para encontrar a demanda da iluminação e das tomadas é preciso verificar na norma ND-5.2 (CEMIG) na tabela 12. Sendo assim, apenas identifica-se em qual categoria a sua edificação se enquadra e com isso é possível obter a informação no qual irá fornecer o fator de demanda.

Como o projeto é uma Escola Infantil, a sua categoria será: Escolas e semelhantes – 1 para os primeiros 12kVA e 0,50 para o que exceder 12kVA. Com essa informação soma-se a potência da iluminação que é de 1.760W e das tomadas de uso geral que é 1.920W, obtendo-se um resultado de 3.680W ou 3,68kW. Para transformar a potência de kW para kVA é necessário considerar para lâmpadas de descarga fluorescente e tomadas a seguinte expressão $kVA = kW/0,92$, então substituindo a potência de 3,68 KW teremos 4 KVA.

De acordo com a informação obtida na tabela 12, a potência não ultrapassou os 12kVA, por isso a Provável Demanda (PD) será: $4KVA \cdot 1 = 4 KVA$. Sendo assim, como precisa utilizar todos os dados em kW, multiplica-se pelo fator de potência de 0,92 para obter o resultado da PD = 3,68 KW.

- b) Fatores de demanda para condicionadores de ar (unidades consumidoras residenciais e não residenciais)

Utilizando a tabela 13 da norma ND-5.2 (CEMIG) para 2 aparelhos de ar condicionado o fator de demanda é 1. Então, $PD = 5.600W \cdot 1 = 5.600W$ ou 5,60kW.

- c) Fatores de demanda para aparelhos eletrodomésticos de aquecimento e refrigeração (unidades consumidoras residenciais e não residenciais)

Utilizando a tabela 14 da norma ND-5.2 (CEMIG) para 8 aparelhos (1 fogão + 1 micro-ondas + 4 chuveiros elétricos + 2 torneiras elétricas) o fator de demanda é 0,57. Então, $PD = 29.600W \cdot 0,57 = 16.872W$ ou 16,87kW.

- d) Fatores de demanda para motores trifásicos

Como a potência do motor hidráulico já é fornecida pelo FNDE em W, não será necessário consultar a tabela 16 da norma ND-5.2 (CEMIG), então $PD = 4.500W$ ou 4,50kW.

- e) Provável demanda total

A provável demanda total ou máxima é a soma de todos os itens anteriores de letra A até D. Então, $PD_{total} = 3,68kW + 5,60kW + 16,87kW + 4,50kW = 30,65kW$. Por se tratar de um projeto que ainda será executado não há o consumo mensal perante a concessionária de energia, por isso considera-se a provável demanda total como kWh/dia, pois é o consumo máximo que a Escola Infantil poderá alcançar diariamente. Com isso, $PD_{total} = Consumo = 30,65kWh/dia$.

f) Dimensionamento do sistema fotovoltaico

De acordo com o resultado apresentado no item E, o Consumo = 30,65kWh/dia. Para obter a previsão do consumo mensal multiplica-se o consumo por 30 dias, dessa maneira o consumo mensal será de 919,50 kWh/mês. Após definir os dados de consumo energético da Escola Infantil, é necessário saber as coordenadas geográficas, latitude e longitude do endereço onde será implantado o sistema solar fotovoltaico on grid.

A Escola Infantil, a edificação de estudo, será implantada no município do Rio das Flores-RJ como sugestão para estudo, na Latitude: 22,101° S e Longitude: 43,449° O. Assim estes dados, além da área de cobertura da edificação (que neste caso é de aproximadamente 163 m²), pode-se verificar a irradiação solar no local do projeto de acordo com a tabela 2, seguinte:

Tabela 2. Incidência solar média na cidade do Rio das Flores/RJ

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	5,56	5,92	4,93	4,30	3,54	3,37	3,49	4,28	4,53	4,87	4,88	5,55	4,60	2,55
Ângulo igual a latitude	22° N	5,04	5,65	5,06	4,82	4,29	4,29	4,36	5,00	4,79	4,75	4,51	4,98	4,79	1,35
Maior média anual	20° N	5,11	5,69	5,07	4,79	4,24	4,23	4,30	4,96	4,79	4,78	4,56	5,05	4,80	1,47
Maior mínimo mensal	26° N	4,90	5,53	5,02	4,86	4,38	4,41	4,47	5,07	4,79	4,68	4,39	4,82	4,78	1,15

Fonte: www.cresesb.cepel.br

Desta forma para se dimensionar um sistema fotovoltaico, deve-se utilizar, de acordo com a empresa especializada no ramo de energia solar, chamada Fotaic Energia Solar⁵, a seguinte expressão:

⁵ Fonte: <https://fotaic.com.br/post/dimensionamento-sistema-solar-fotovoltaico>

$$P_P = \frac{E_G}{T_E \cdot r_S}$$

Onde: P_P = Potência total dos painéis
 E_G = Energia de geração
 T_E = Tempo de exposição ao sol
 r_S = Rendimento do sistema

Para se calcular a potência deste sistema, primeiramente precisa-se saber a energia de geração, ou seja, a demanda energética da Escola Infantil, neste projeto é de 919,50 kWh/mês, que em kWh/dia é 30,65 kWh/dia. Entretanto, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), regulamentada pela Resolução nº 414 de 2010, há uma taxa mínima para o padrão trifásico com o custo de disponibilidade equivalente a 100 kWh (isto ocorre devido à concessionária local disponibilizar energia elétrica). Ela inclui, portanto, os custos de toda infraestrutura elétrica para garantir a eletricidade aos moradores da cidade, e, mesmo que não haja nenhum consumo, esta taxa será cobrada pelo simples fato de estar disponível. Assim sendo, pode-se subtrair do consumo mensal este valor de 100 kWh, pois o FNDE disponibiliza o sistema elétrico trifásico, por isso a demanda energética passa a valer 819,50 kWh/mês, que é 27,32 kWh/dia.

É necessário segundo a determinação da norma (NBR 16690-2019) indicarmos o tempo de exposição ao sol, ou irradiação solar média, o qual deve ser retirado do seguinte endereço eletrônico: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>, onde será necessário inserir as coordenadas geográficas do local do projeto. O valor a ser retirado da tabela é a média anual no plano inclinado 0°, que é 4,60 Wh/m².dia.

Com esses dados apresentados anteriormente é possível realizar o cálculo do rendimento do sistema. Há perdas no rendimento do sistema no que tange à temperatura, ao acúmulo de sujeiras, ao inversor e ainda ao cabeamento. Logo,

segundo a empresa Fotaic Energia Solar⁶, o sistema não irá render 100% de si, sendo necessário ser adotado um valor inferior de rendimento, que neste projeto será de 80%.

Utilizando a fórmula mencionada:

$$P_P = \frac{27,32}{4,60 \cdot 0,8} \longrightarrow P_P = 7,42 \text{ kWp, logo esta é a potência total dos painéis}$$

Solicitação à empresa especializada

Para o desenvolvimento do estudo solicitou-se um orçamento junto a uma empresa especializada na implantação do sistema de energia solar fotovoltaica no estado do Rio de Janeiro, a saber, tendo como sugestão de estudo a cidade do Rio das Flores. Esta conduta se deu pelo fato de que as planilhas de referência (EMOP, SINAPI, SEINFRA) não apresentam os insumos e custos do sistema fotovoltaico, assim recorreu-se ao mercado para se chegar a um valor do sistema. A mesma Firma dispõe de painel solar que em sua célula possui silício monocristalino e cada uma produz 340 Wp. Dividindo a potência total do sistema pela potência do módulo para se verificar a quantidade de módulos necessários, temos:

$$\text{QTD}_{\text{painéis}} = \frac{7.420 \text{ Wp}}{340 \text{ Wp}} = 21,82 \text{ logo são necessários 22 painéis}$$

Desta forma é necessário recalcular a potência total multiplicando-se a quantidade de módulos pelas suas potências:

⁶ Fonte: <https://fotaic.com.br/post/dimensionamento-sistema-solar-fotovoltaico>

22 módulos x 340 wp = 7.480 Wp

Assim temos a nova potência de 7,48 KWp para o sistema, com o valor orçado (já inclusos os custos de projeto, homologação junto à concessionária de energia, os materiais e os serviços de instalação taxados pelo BDI), tendo como custo total o valor de R\$ 41.243,32.

Planilha orçamentária final

De acordo com a planilha orçamentária disponibilizada pelo FNDE⁷, foi realizado o levantamento dos custos diretos e indiretos de todo Projeto. Na planilha resumo do orçamento demonstram-se os valores totais da composição de cada item de execução e, do mesmo modo, somente os itens da instalação de elétrica convencional são destacados nos seus valores.

Desta maneira, havia uma determinação original de itens e insumos estabelecidos pelo FNDE, que, por sua vez, foram revistos, onde avaliou-se a possibilidade de inserção e adaptação do sistema elétrico para o modelo fotovoltaico. Esta conduta conservou alguns elementos originais do orçamento e inseriu novos outros.

Sendo assim, foi constatado que seria necessário acrescentar no item 01.03 Fundação-Infraestrutura, os sistemas de: Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio. Para o item 1.17 (Instalação elétrica), este não sofreu alteração, pois o sistema fotovoltaico - item 01.17.6 - é instalado como complemento à rede: por isso deve-se apenas adicionar o item do sistema solar. Com o item 2.0 (Cisterna), foi inserido o reservatório de água, devido ao projeto não prever nenhum tipo de abastecimento, com isso se dimensionou a bomba hidráulica, fato que resultou em um aumento e a alteração do

⁷ Fonte: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/proinfancia/eixos-de-atuacao/projetos-arquitonicos-para-construcao/item/9267-m%C3%B3dulo-de-educa%C3%A7%C3%A3o-infantil>

consumo de energia elétrica. Já o novo tópico 3.0 (Administração), previu-se toda despesa do canteiro de obras e funcionários para a devida supervisão. Aos demais itens, estes foram conservados.

Adotando-se os sistemas de custos como referência de preço dos insumos, foram utilizados os seguintes catálogos de julho de 2019: Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI), Secretaria de Estado de Infraestrutura (SEINFRA), Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro (EMOP) e o Mercado (para itens ausentes nos sistemas anteriores). Com isso, foi possível obter um orçamento total, com a inclusão dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), num valor total de R\$ 714.520,83 (Setecentos e quatorze mil, quinhentos e vinte reais e oitenta e três centavos), conforme tabela 3.

Tabela 3. Resumo do orçamento da Escola Infantil com alteração da proposta

ORÇAMENTO DE OBRA			
Natureza: Módulo Infantil		BDI:	31,25%
Data de preço: julho/2019 com desoneração			
Localização: sugestão de estudo Rio das Flores - RJ		lo:	jul/19
RESUMO DO ORÇAMENTO - INCLUSO BDI			
ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR	%
01.00	EDIFICAÇÃO ESCOLA INFANTIL	479.160,75	67,06%
01.01	SERVIÇOS PRELIMINARES	41.300,36	5,78%
01.02	MOVIMENTO DE TERRAS PARA FUNDAÇÕES	8.431,85	1,18%
01.03	FUNDAÇÕES – INFRAESTRUTURA	47.812,40	6,69%
01.04	SUPERESTRUTURA	26.221,97	3,67%
01.05	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	18.383,23	2,57%
01.06	ESQUADRIAS	39.979,45	5,60%
01.07	SISTEMAS DE COBERTURA	66.843,87	9,36%
01.08	IMPERMEABILIZAÇÃO	1.697,39	0,24%
01.09	REVESTIMENTOS INTERNO E EXTERNO	49.894,53	6,98%
01.10	SISTEMAS DE PISOS	36.741,03	5,14%
01.11	PINTURAS E ACABAMENTOS	18.467,15	2,58%
01.12	INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	5.158,10	0,72%
01.13	DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	3.066,46	0,43%
01.14	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	4.412,79	0,62%
01.15	LOUÇAS, ACESSÓRIOS E METAIS	11.020,50	1,54%
01.16	SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	702,14	0,10%
01.17	INSTALAÇÃO ELÉTRICA	60.631,95	8,49%

01.17.1	CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO		
01.17.1.1	Quadro de distribuição de energia para 12 disjuntores	308,08	0,043%
01.17.2	DISJUNTORES		
01.17.2.1	Disjuntor unipolar termomagnético 10A	129,43	0,018%
01.17.2.2	Disjuntor unipolar termomagnético 16A	18,49	0,003%
01.17.2.3	Disjuntor unipolar termomagnético 20A	73,96	0,010%
01.17.2.4	Disjuntor unipolar termomagnético 25A	92,45	0,013%
01.17.2.5	Disjuntor tripolar termomagnético 100A	159,93	0,022%
01.17.2.6	Dispositivo residual diferencial 25 ^a	2.371,46	0,332%
01.17.2.7	Dispositivo de proteção contra surto 40KA/175V	625,28	0,088%
01.17.3	ELETRODUTOS E ACESSÓRIOS		
01.17.3.1	Eletroduto PVC flexível corrugado reforçado Ø 20mm (1/2")	25,17	0,004%
01.17.3.2	Eletroduto PVC flexível corrugado reforçado Ø 25mm (3/4")	610,71	0,085%
01.17.3.3	Eletroduto PVC flexível corrugado reforçado Ø 32mm (1")	581,12	0,081%
01.17.3.4	Eletroduto PVC rígido roscavel, Ø40mm (DN 1 1/4"), inclusive conexões	797,47	0,112%
01.17.3.5	Eletroduto PVC rígido roscavel, Ø50mm (DN 1 1/2"), inclusive conexões	305,76	0,043%
01.17.3.6	Eletroduto PVC rígido roscavel, Ø75mm (DN 2 1/2"), inclusive conexões	114,14	0,016%
01.17.3.7	Caixa de passagem em alvenaria 30x30cm com tampa	225,44	0,032%
01.17.3.8	Caixa de passagem PVC 4x2"	377,74	0,053%
01.17.3.9	Caixa de passagem PVC octogonal 3"	332,02	0,046%
01.17.4	CABOS E FIOS CONDUTORES		
01.17.4.1	Cabo de cobre flexível, isolado, seção de 2,5mm ² ; anti-chama 450/750V	2.348,39	0,329%
01.17.4.2	Cabo de cobre flexível, isolado, seção de 4mm ² ; anti-chama 450/750V	275,24	0,039%
01.17.4.3	Cabo de cobre flexível, isolado, seção de 6mm ² ; anti-chama 450/750V	924,35	0,129%
01.17.4.4	Cabo de cobre flexível, isolado, seção de 10mm ² ; anti-chama 450/750V	1.785,77	0,250%
01.17.4.5	Cabo de cobre flexível, isolado, seção de 25mm ² ; anti-chama 450/750V	1.593,68	0,223%
01.17.5	ILUMINAÇÃO, TOMADAS E INTERRUPTORES		
01.17.5.1	Tomada universal, hexagonal, 2P+T, 10A/250V, com suporte e placa	618,12	0,087%
01.17.5.2	Tomada universal, hexagonal, 2P+T, 20A/250V, com suporte e placa	146,44	0,020%
01.17.5.3	Interruptor duplo 10A, com suporte e placa	180,88	0,025%
01.17.5.4	Luminária 2x16W completa	382,14	0,053%
01.17.5.5	Luminária 2x36W completa	1.541,25	0,216%
01.17.5.6	Luminária 2X36W com aletas completa	2.105,52	0,295%

01.17.5.7	Arandelas de sobrepor com 1 lâmpada fluorescente compacta de 60W	336,20	0,047%
01.17.6	SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA		
01.17.6.1	Implantação do sistema de energia fotovoltaica inclusos os custos de projeto, homologação junto à concessionária de energia, os materiais e os serviços de instalação.	41.243,32	5,772%
01.18	INSTALAÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO	254,60	0,04%
01.19	INSTALAÇÃO DE REDE ESTRUTURADA	2.143,42	0,30%
01.20	SISTEMA DE PROTEÇÃO (SPDA)	12.091,15	1,69%
01.21	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	20.927,41	2,93%
01.22	SERVIÇOS FINAIS	2.981,00	0,42%
02.00	CISTERNA	62.309,91	8,72%
03.00	ADMINISTRAÇÃO	173.050,17	24,22%
	TOTAL GERAL DA OBRA	714.520,83	100,00%

Fonte: Pesquisa do Autor

***Legenda:**

- Itens alterados
- Itens novos acrescentados
- Itens originais

Estudo da Viabilidade

a) Viabilidade econômica

Com o objetivo de realizar o comparativo entre os sistemas: convencional de elétrica e fotovoltaica, foi levantado o orçamento dos custos da instalação elétrica convencional e demais itens da construção, sendo que foi obtido um valor de R\$ 673.277,51 para a realização da escola infantil sem a implantação do sistema solar. Ademais, foi feito a implantação e o orçamento do sistema de energia fotovoltaico, e a inclusão dos demais itens, notando-se que não é preciso modificar o sistema convencional de elétrica do projeto inicial, pois o novo sistema de energia solar é instalado como complemento à rede existente. Deste modo, será incluído no orçamento anterior apenas o custo do sistema fotovoltaico de R\$ 41.243,32, o valor

final do orçamento global foi de R\$ 714.520,83 (com um percentual acrescentado de aproximadamente 5,77% do preço inicial da obra).

Dessa maneira, foram tomados como método para se avaliar a viabilidade econômica do sistema de energia fotovoltaico: a taxa interna de retorno (TIR), O valor presente líquido (VPL), e o Payback descontado, de acordo com a NBR 14653-4(2002) e Bordeaux-Rêgo, (2013). Sendo assim, esta análise de viabilidade econômica visa estimar e verificar se a instalação do projeto de sistema fotovoltaico seria viável. Logo, o Método irá comparar os retornos que poderão ser obtidos após o investimento realizado.

O primeiro passo desta análise é o cálculo da depreciação do equipamento, que neste caso é de 25 anos, segundo a Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL. Será adotado o método da depreciação linear, a fórmula para tal é:

$$D = (V_n - V_r) : N$$

Onde: *D* = depreciação anual

V_n = valor novo

V_r = valor residual ou de sucata

N = vida útil (nº de anos)

O valor residual será considerado nulo, pois o equipamento vai estar irre recuperável no final de sua vida útil. Tendo em vista que o equipamento será utilizado até o final da sua vida útil e nesse tempo não estará mais cumprindo sua função.

$$D = (R\$ 41.243,32 - 0) : 25 \text{ anos} \longrightarrow D = R\$ 1.649,73$$

Com este resultado é possível confeccionar o fluxo de caixa. Deve-se subtrair o valor da depreciação anual pelo valor em reais da energia gerada pelo sistema.

Energia gerada anualmente: $27,32 \text{ KWh/dia} \times 30 \text{ dias} \times 12 \text{ meses} = 9.835,20 \text{ KWh/ano}$

Através da Resolução ANEEL Nº 2.523/19 de 26/03/2019, com vigência a partir de 01/04/2019, foi extraída uma tarifa por kWh de R\$ 0,93 para unidade não residencial acima de 450 kWh, com isso multiplica-se a energia gerada pela tarifa e encontra-se uma economia com a energia elétrica de R\$ 9.146,74 no primeiro ano. Conforme histórico de inflação fornecido pelo Banco Central do Brasil⁸, no setor energético será considerado uma inflação média de 7% durante os últimos 20 anos, onde esta taxa corrigirá a tarifa pelos anos seguintes.

Conseqüentemente, em um período de 6 anos o valor financeiro varia conforme a tabela 4 (pág. 23), sendo possível subtrair da geração de energia do sistema à sua depreciação, que traz uma economia real de R\$ 7.497,01 no primeiro ano (que é analisada ao longo de 6 anos).

Tendo como objeto de análise os fluxos de caixa da tabela 4, foi calculado o VPL do investimento, segundo Banco Central do Brasil⁹ a taxa básica de juros Selic é de 2,25% a.a. (referência Junho/2020). O valor presente líquido é de R\$ 6.007,74, ou seja, o VPL > 1, logo o projeto é viável.

A próxima ferramenta a ser utilizada é a TIR. Calculando a taxa TIR na coluna da tabela (fluxo de caixa final – inflação energia e depreciação), onde o fluxo de caixa anual é subtraído ao valor da depreciação, através da utilização da função TIR no período de tempo estudado, encontra-se uma taxa de 9%, comprovando mais uma vez a viabilidade do projeto, pois este percentual fez com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente fosse maior que o custo investido, ou seja, a taxa é maior que os 7% da inflação anual.

Como última ferramenta tem-se o payback descontado, que foi extraído do fluxo de caixa descontado acumulado, obtendo-se o retorno do investimento após 4 anos, 11 meses e 26 dias.

⁸ Fonte: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicometas>

⁹ Fonte: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>

Ano	Fluxo de caixa inflação energia de 7%	Fluxo de caixa final - inflação energia e depreciação	Fluxo de caixa acumulado depreciação	Fluxo de caixa descontado Selic 2,25% a.a.	Fluxo de caixa descontado acumulado	Percentual de retorno
2020	-	-R\$ 41.243,32	-R\$ 41.243,32	-R\$ 41.243,32	-R\$ 41.243,32	-
2021	R\$ 9.146,74	R\$ 7.497,01	-R\$ 33.746,31	R\$ 7.332,04	-R\$ 33.911,28	17,78%
2022	R\$ 9.787,01	R\$ 8.137,28	-R\$ 25.609,03	R\$ 7.783,10	-R\$ 26.128,18	18,87%
2023	R\$ 10.472,10	R\$ 8.822,37	-R\$ 16.786,66	R\$ 8.252,69	-R\$ 17.875,49	20,01%
2024	R\$ 11.205,15	R\$ 9.555,42	-R\$ 7.231,24	R\$ 8.741,71	-R\$ 9.133,78	21,20%
2025	R\$ 11.989,51	R\$ 10.339,78	R\$ 3.108,54	R\$ 9.251,13	R\$ 117,35	22,43%
		TIR = 9%			VPL > 1	100,28%

Tabela 4 – Retorno do investimento da Escola Infantil - Fonte: Autor

b) Viabilidade ambiental

É fato que os assuntos relacionados ao Meio Ambiente vêm crescendo muito e, com eles, o desafio da sociedade no uso responsável dos recursos naturais do planeta. A percepção é que, aos poucos, vai se desenvolvendo, com a utilização de novas fontes renováveis de energia (e ações que colaboram para com o avanço destas práticas) um crescimento da conscientização - apesar de termos muito a avançar.

Segundo os dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) o Brasil instalou 1,2 GW de energia solar fotovoltaica em 2018, totalizando 2,4 GW de capacidade instalada acumulada. Com base nessa informação, o avanço pelos recursos renováveis de energia é notório em nosso País - e o sistema de energia fotovoltaico pode ser o meio mais eficiente para continuar nos desenvolvendo, seja no setor público ou privado, pois esse sistema não utiliza nenhum tipo de combustível e não envolve emissões de gases de efeito estufa.

O presente trabalho, restrito ao seu formato, dedicou-se a avaliar a viabilidade do investimento econômico do Sistema ora descrito - contudo, a questão ambiental ganha um universo paralelo que urge ser considerado: digo pelo seu caráter

condicional - na produção de energia de forma contributiva - à racionalização dos recursos (sobretudo os de ordem pública), visando a mitigação das condições de degradação ambiental que o mundo hoje se encontra, e, também, como no caráter de responsabilidade orçamentária nas gestões municipais.

Considerações finais

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo realizar o comparativo orçamentário entre um sistema de abastecimento de energia elétrica convencional, por um modelo de energia fotovoltaico em uma futura construção de Escola Infantil do FNDE. Especulou-se aqui a viabilidade econômica e ambiental com vistas a necessidade de se amenizar o impacto nos ecossistemas urbanos: buscando-se fontes de energia renováveis e reduzindo-se os aumentos nos custos de energia em orçamentos públicos. Com isso, sugeriu-se a introdução, ao nível de Projeto, da produção de energia solar fotovoltaica.

A implantação do sistema fotovoltaico é “realizável” economicamente, pois atendeu aos métodos de análise de investimentos utilizados neste Projeto (o da Escola Infantil). Pela TIR, a Tacha apresentou-se em 9%, sendo maior que os 7% da inflação no período analisado. Também é viável pelo VPL, pois o resultado é maior que o valor 1. Por fim, pelo Payback Descontado, o custo excedente de 5,77% com a instalação do sistema, fazendo com que o mesmo tenha um retorno financeiro num prazo menor que a sua vida útil. E, por fim, com a economia prevista - após o retorno do investimento – as Administrações Públicas poderão ter verbas para contribuir em outros campos.

Com a Pesquisa, avaliou-se que, apesar do custo inicial relativamente elevado, o retorno do investimento encontra-se viabilizado, o que se demonstrou ao longo deste Trabalho. Portanto, a sua implantação é exequível financeiramente e tange questões ambientais: as quais poderão, em novas perspectivas, serem

desenvolvidas. Assim, apesar das limitações de imposição propedêutica, será premissa de novas produções científicas (em modelos próprios) as considerações das questões ambientais e a racionalização do recurso público a partir da constatação do ramo da economia aqui presente.

Referências

ANEEL. **Resolução normativa Nº 414**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ABNT. **Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos projetos**. Disponível em: <<https://www.solarize.com.br/downloads/manual-energia-solar/NBR-16690-2019-consulta-publica.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Histórico das metas para a inflação**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicometas>>. Acesso em: 29 dez. 2019.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxas de juros básicas - histórico**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em: 29 dez. 2019.

BORDEAUX-RÊGO, Ricardo. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 4 ed. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

CEMIG. **Norma de distribuição fornecimento de energia elétrica em tensão secundária – Rede de distribuição aérea – Edificações coletivas**. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20C3%A9cnicas/nd5_2_000001p.pdf>. Acesso em: 22 nov, 2019.

CRESESB. **Potencial solar – SunData v 3.0**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em: 22 jan. 2020.

DOREA, Aldo Mattos. **Como preparar orçamentos de obras**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2006.

EMOP. **Catálogos e boletins**. Disponível em: <http://www.emop.rj.gov.br/cad_catalogo.asp>. Acesso em: 10 dez. 2019.

FNDE. **Módulo de Educação Infantil**. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/proinfancia/eixos-de-atuacao/projetos-arquiteticos-para-construcao/item/9267-m%C3%B3dulo-de-educa%C3%A7%C3%A3o-infantil>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

FOTAIC. **Energia Solar**. Disponível em:<<https://fotaic.com.br/post/dimensionamento-sistema-solar-fotovoltaico>>. Acesso em: 22 jan. 2019.

Importância ambiental e retorno sobre investimento impulsionam mercado de energia. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/importancia-ambiental-e-retorno-sobre-investimento-impulsionam-mercado-de-energia-solar,f59e4e205338c23ca4aa24751-3e49bbfjqkqaan.html>>. Acesso em: 5 jan. 2020.

LIGHT. **Composição da tarifa**. Disponível em: <<http://www.light.com.br/para-residencias/Sua-Conta/composicao-da-tarifa.aspx>>. Acesso em: 27 dez. 2019.

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, Estudos de Caso, Exemplos. São Paulo: Ed. PINI, 2006.

PRATES, Wladimir Ribeiro. **O que é TIR (Taxa Interna de Retorno)?**. Disponível em:<https://www.wrprates.com/o-que-e-tir-taxa-internaderetorno/#Qual_e_a_formula_da_TIR>. Acesso em: 15 jan. 2020.

PRATES, Wladimir Ribeiro. **O que é VPL (Valor Presente Líquido)?**. Disponível em: <<https://www.wrprates.com/o-que-e-vpl-valor-presente-liquido/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

REINHER, Rafael; ROBINSON, L. Carlos. **Análise da viabilidade econômica e ambiental na implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica em uma matrizaria do Vale do Rio dos Sinos**. Disponível em: <<https://biblioteca.feevale.br/Vinculo2/000011/0000113a.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

SINAPI. **Relatório de insumos e composições**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_656>. Acesso em: 10 dez. 2019.

SEINFRA. **Tabela de custos**. Disponível em: <<http://www3.seinfra.ce.gov.br/consulta.aspx>>. Acesso em: 10 dez. 2019.